

## Эксплуатация ДВС

The simplified variant of an SPC functioning shows how the workability of the main SPPP will depend upon the states of separate cylinders of the ME. For further researches it should be obtained statistical estimates of parameters for the formulae (1-21). Applying the entropy approach, it is necessary to investigate a hybrid functional of the subjective analysis variation principle.

### References:

1. Суворов П.С. Управление режимами работы главных судовых дизелей / П.С. Суворов. – Одесса: ЛАТСТАР, 2000. – 238 с. 2. Мануилов В.П. Эксплуатация судовых энергетических установок / В.П. Мануилов. – М.: Транспорт, 1979. – 168 с. 3. Суворов П.С. Рабочие процессы и режимы судовых двигателей внутреннего сгорания: учебное пособие / П.С. Суворов. – Одесса: ОНМА, 2007. – 192 с. 4. Суворов П.С. Динамика дизеля в судовом пропульсивном комплексе / П.С. Суворов. – Одесса: ОНМА, 2004. – 304 с. 5. Шишкин В.А. Анализ неисправностей и предотвращение повреждений судовых дизелей / В.А. Шишкин. – М.: Транспорт, 1986. – 192 с. 6. Фомин Н. и др. Разработка методики по определению эффективной мощности СДВС для судовых условий / Н. Фомин и др. // Речной транспорт. – 2005. – № 2. – С. 62-63. 7. Обеспечение надежности судовых дизелей на эксплуатационных и особых режимах работы / М.А. Малиновский, А.А. Фока, В.И. Ролинский, Ю.З. Вахрамеев. – Одесса: ФЕНИКС, 2003. – 150 с. 8. Овчаров Л.А. Прикладные задачи теории массового обслуживания / Л.А. Овчаров. – М.: Машиностроение, 1969. – 324 с. 9. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. – М.: В. Школа, 2000. – 458 с. 10. Дизель судовой ДКРН 60/195-10. Техническое описание. ДБ32-ТО. – Брянск: ПО БМЗ, 1986. – 191 с. 11. Гончаренко А.В. Анализ параметрических исследований реологических свойств водовугильных суспензий для застосування у судових двигунах внутрішнього згорання / А.В. Гончаренко // Авиационно-космическая техника и технология. – 2009. – №8(65). – С. 90-95. 12. Goncharenko A.V. Fuel oil atomization characteristics smoothed by a logarithm normal distribution for marine diesel engines / A.V. Goncharenko // Двигатели внутреннего сгорания. – 2010. – №2. – С. 34–

40. 13. Касьянов В.А. Субъективные предпочтения и правовое воздействие как факторы развития двигателестроения / В.А. Касьянов, А.В. Гончаренко, С.В. Кружкова // Авиационно-космическая техника и технологии. – 2010. – Вып. 7 (74). – С. 182–189. 14. Касьянов В.А. Субъективный анализ: монография / В.А. Касьянов. – К.: НАУ, 2007. – 512 с. 15. Касьянов В.А. Элементы субъективного анализа: монография / В.А. Касьянов. – К.: НАУ, 2003. – 224 с. 16. Де Гроот М. Оптимальные статистические решения / М. Де Гроот. – М.: Мир, 1974. – 491 с.

### Bibliography (transliterated):

1. Suvorov P.S. Upravlenie rezhimami raboty glavnykh sudovykh dizel'ey / P.S. Suvorov. – Odessa: LATSTAR, 2000. – 238 s. 2. Manuilov V.P. Jekspluatacija sudovykh jenergeticheskikh ustanovok / V.P. Manuilov. – M.: Transport, 1979. – 168 s. 3. Suvorov P.S. Rabochie processy i rezhimy sudovykh dvigatelej vnutrennego sgoraniya: uchebnoe posobie / P.S. Suvorov. – Odessa: ONMA, 2007. – 192 s. 4. Suvorov P.S. Dinamika dizelja v sudovom propul'sivnom komplekse / P.S. Suvorov. – Odessa: ONMA, 2004. – 304 s. 5. Shishkin V.A. Analiz neispravnostej i predotvraenie povrezhdenij sudovykh dizelej / V.A. Shishkin. – M.: Transport, 1986. – 192 s. 6. Fomin N. i dr. Razrabotka metodiki po opredeleniju jeffektivnoj mownosti SDVS dlja sudovykh uslovij / N. Fomin i dr. // Rechnoj transport. – 2005. – № 2. – S. 62-63. 7. Obespechenie nadezhnosti sudovykh dizelej na jekspluatacionnyh i osobyh rezhimah raboty / M.A. Malinovskij, A.A. Foka, V.I. Rolinskij, Ju.Z. Vahrameev. – Odessa: FENIKS, 2003. – 150 s. 8. Ovcharov L.A. Prikladnye zadachi teorii massovogo obsluzhivaniya / L.A. Ovcharov. – M.: Mashinostroenie, 1969. – 324 s. 9. Ventcel' E.S. Teorija vero-jatnostej / E.S. Ventcel'. – M.: V. Shkola, 2000. – 458 s. 10. Dizel' sudovoj DKRN 60/195-10. Tehnicheskoe opisanie. DB32-TO. – Brjansk: PO BMZ, 1986. – 191 s. 11. Goncharenko A.V. Analiz parametrichnih doslidzen' reologichnih vlastivostej vodovugil'nih suspenzij dlja zastosuvannya u sudnovih dvigunah vnutrishn'ogo zgorjannja / A.V. Goncharenko // Aviacionno-kosmicheskaja tehnika i tehnologija. – 2009. – №8(65). – S. 90-95. 12. Goncharenko A.V. Fuel oil atomization characteristics smoothed by a logarithm normal distribution for marine diesel engines / A.V. Goncharenko // Dvigateli vnutrennego sgoraniya. – 2010. – №2. – S. 34-40. 13. Kas'janov V.A. Sub#ektivnye predpochtenija i pravovoe vozdejstvie kak faktory razvitija dvigatele-stroenija / V.A. Kas'janov, A.V. Goncharenko, S.V. Kruzhkova // Aviacionno-kosmicheskaja tehnika i tehnologi. – 2010. – Vyp. 7 (74). – S. 182-189. 14. Kas'janov V.A. Sub#ektivnyj analiz: monografija / V.A. Kas'janov. – K.: NAU, 2007. – 512 s. 15. Kas'janov V.A. Jelementy sub#ektivnogo analiza: monografija / V.A. Kas'janov. – K.: NAU, 2003. – 224 s. 16. De Groot M. Optimal'nye statisticheskie reshenija / M De Groot. – M.: Mir, 1974. – 491 s.

УДК 629.424.3

**О.Б. Богаєвський, д-р техн. наук, А.Н. Борисенко, д-р техн. наук**

## ПОКАЗНИКИ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТЕПЛОВИЗНОГО ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА

### Вступ

Одним з напрямків підвищення енергозбереження існуючих теплових дизель - генераторів (ДГ) є впровадження сучасних систем управління частотою обертання колінчастого валу (КВ) і потужності, які дають змогу ефективно впливати на режим холостого ходу, сталі режими в усьому діапазоні навантажень і перехідні режими, які визна-

чаються характером експлуатаційної роботи. Для теплових дизель-генераторів характерна експлуатаційна робота з багатьма переключеннями режимів, причому переходи можуть бути як тривалими, так і короткими, залежно від швидкості руху, вантажу, профілю колії тощо. Суттєвий вплив на витрати палива, особливо в перехідних режимах, має суб'єктивний чинник – навички машиніста.

Впровадження нових систем управління практично робить незалежними витрати палива від навичок водіння тепловозів обслуговуючим персоналом, зменшує витрати палива на технологічні випробування. Тобто можна вести мову про нову енергозберігаючу технологію, очікувану ефективність якої було б доцільно оцінювати ще на стадії розробки і попереднього впровадження з мінімізацією затрат на етапи досліджень.

#### Аналіз публікацій і постановка задачі

На загальні витрати пального в процесі експлуатації впливає співвідношення між часом роботи на сталих режимах і часом роботи на перехідних режимах. За даними різних досліджень, питома вага витрати палива в перехідних режимах відносно витрати палива в усталених режимах може досягати 10 % і більше [1, 2]. Як відзначається в ряді досліджень, зокрема у [3 – 5], на економічність тепловоза впливає багато факторів, зокрема: вид служби (вантажний, пасажирський, маневровий), потужність, кліматичні умови, й навіть напрацьовані в окремих машиністів, індивідуальні професійні навички методів управління тепловозами.

У якості оціночних показників режимів пропонується використовувати розподіл часу роботи з позицій контролера машиніста, коефіцієнт використання потужності дизеля, кількість перемикачів контролера машиніста й кількість скидань – накидів навантаження на дизель. Практично всі дослідники [4–6] одностайні в тім, що значний обсяг часу тепловозні дизелі працюють на режимі холостого ходу (38 – 52 %).

Також на залізниці використовують такі інтегральні показники, як питома середньо – експлуатаційна витрата палива, витрата палива на вимірювач та інші. Їх головний недолік – всі вони розроблялись без урахування можливостей сучасних систем управління в формуванні як сталих, так і перехідних режимів. Тому на їх основі складно отримати оцінки, що дозволять співвіднести ефективність впливу на енергозбереження систем управління різних виробників.

**Мета роботи** – отримати показник, який дозволить на стадії впровадження сучасних систем управління частотою обертання КВ і потужністю тепловозного ДГ дати у відносній формі оцінку ефективності заходів з енергозбереження.

#### Виклад основного матеріалу дослідження

**Напрямки енергозбереження за рахунок впровадження систем управління**

Істотним резервом підвищення енергозбереження є зниження частоти холостого ходу двигуна генераторної установки. Кількісна оцінка, отримана при експериментальних дослідженнях, становить приблизно 1 % підвищення економічності на 1 % зниження частоти обертання КВ.

Розподіл часу роботи показує, що на номінальному режимі тепловозні дизелі працюють обмежений період часу, а основний обсяг часу припадає на роботу на середніх позиціях контролера машиніста. В цьому випадку тепловозний дизель не забезпечує очікуваної економічності в експлуатації через несприятливе розташування його генераторної характеристики на сімействі універсальних характеристик.

Аналіз розташувань сімейств універсальних характеристик і генераторних характеристик тепловозних дизелів дозволяє встановити, що за рахунок зміни розташування генераторної характеристики економічність може бути поліпшена від 1 % до 5 %, особливо це відноситься до діапазону середніх частот обертання КВ й потужностей. Безумовно, що це істотний резерв поліпшення енергозбереження в сталих режимах.

Поліпшення енергозбереження в перехідних процесах забезпечується за рахунок формування необхідного темпу переходів з однієї частоти обертання КВ на іншу (з навантаженням і без нього) з використанням гнучких можливостей системи управління частотою обертання і потужністю.

#### Оцінка ефективності енергозбереження

Моделювання зміни параметрів дизель - генератора як розрахунковим, так і експериментальним шляхом протягом реальної тривалості експлуатаційного циклу неможливо як за часом, так і за витратою палива [7]. Тому відносні оцінки будуть отримані на основі загальновідомих співвідношень між витратами палива у сталих й перехідних режимах.

Для отримання конкретних виразів оцінок скористаємося формулою для середньо-експлуатаційної питомої ефективної витрати палива, що наведена в [7]

$$g_{\text{ср.е.}} = \frac{\sum B_{\text{ч.пер.}} + \sum B_{\text{ч.уст.}}}{A}, \quad (1)$$

де  $\sum B_{\text{ч.уст.}}$  – сумарні, по всіх усталених режимах експлуатаційного циклу, витрати палива;  $\sum B_{\text{ч.пер.}}$  – сумарні, по всіх перехідних режимах експлуата-

ційного циклу, витрати палива;  $A$  – сумарна робота на КВ дизеля за умовний цикл експлуатації.

Для проведення аналізу у відносних величинах перетворимо цей вираз. Спочатку позначимо:

$$\sum B_{\text{ч.пер.}} = K_{\text{пер.}} \cdot \sum B_{\text{ч.уст.}}, \quad (2)$$

де  $K_{\text{пер.}}$  – коефіцієнт, що позначає частку витрати палива у перехідних процесах відносно витрати палива в усталених процесах.

Позначимо як  $\sum B_{\text{ч.уст.1}}$  витрату палива в усталеному режимі після впровадження енергозберігаючої технології для усталеного режиму, причому  $\sum B_{\text{ч.уст.1}} < \sum B_{\text{ч.уст.}}$ .

$$\begin{aligned} \sum B_{\text{ч.уст.1}} \text{ можна представити у вигляді:} \\ \sum B_{\text{ч.уст.1}} = \sum B_{\text{ч.уст.}} - K_{\text{з.уст.}} \cdot \sum B_{\text{ч.уст.}} = \\ = \sum B_{\text{ч.уст.}} \cdot (1 - K_{\text{з.уст.}}) \end{aligned}, \quad (3)$$

де  $K_{\text{з.уст.}}$  – коефіцієнт, що враховує зниження витрати палива на усталених режимах.

Позначимо як  $\sum B_{\text{ч.пер.1}}$  витрату палива в перехідних режимах після впровадження енергозберігаючої технології для перехідних режимів, причому  $\sum B_{\text{ч.пер.1}} < \sum B_{\text{ч.пер.}}$ .

$$\begin{aligned} \sum B_{\text{ч.пер.1}} \text{ представимо у вигляді:} \\ \sum B_{\text{ч.пер.1}} = \sum B_{\text{ч.пер.}} - K_{\text{з.пер.}} \cdot \sum B_{\text{ч.пер.}} = \\ = \sum B_{\text{ч.пер.}} \cdot (1 - K_{\text{з.пер.}}) \end{aligned}, \quad (4)$$

де  $K_{\text{з.пер.}}$  – коефіцієнт, що враховує зниження витрати палива в перехідних режимах.

З урахуванням введених позначень вираз для середньо-експлуатаційної питомої ефективної витрати палива  $g_{\text{е.ср.е.1}}$ , після впровадження енергозберігаючої технології, прийме вигляд:

$$g_{\text{е.ср.е.1}} = \frac{(1 - K_{\text{з.уст.}}) \sum B_{\text{ч.уст.}}}{A} + \frac{K_{\text{пер.}} (1 - K_{\text{з.пер.}}) \sum B_{\text{ч.пер.}}}{A}, \quad (5)$$

Очевидно, що  $g_{\text{е.ср.е.1}} < g_{\text{е.ср.е.}}$ . Тоді їх відношення приймає вигляд:

$$\frac{g_{\text{е.ср.е.1}}}{g_{\text{е.ср.е.}}} = \frac{[(1 - K_{\text{з.уст.}}) + K_{\text{пер.}} (1 - K_{\text{з.пер.}})] \sum B_{\text{ч.уст.}}}{(1 + K_{\text{пер.}}) \sum B_{\text{ч.уст.}}}$$

або після перетворень:

$$\frac{g_{\text{е.ср.е.1}}}{g_{\text{е.ср.е.}}} = 1 - \frac{K_{\text{з.уст.}}}{1 + K_{\text{пер.}}} - \frac{K_{\text{пер.}} \cdot K_{\text{з.пер.}}}{1 + K_{\text{пер.}}}. \quad (6)$$

Отриманий вираз зручний для оцінки впливу на підвищення енергозбереження заходів для усталених й перехідних режимів. Так, складова

$\frac{K_{\text{з.уст.}}}{1 + K_{\text{пер.}}}$  показує ступінь підвищення енергозбере-

ження в усталених режимах, а складова  $\frac{K_{\text{пер.}} \cdot K_{\text{з.пер.}}}{1 + K_{\text{пер.}}}$

– ступінь підвищення енергозбереження в перехідних режимах.

Проаналізуємо можливості підвищення енергозбереження в усталених режимах виходячи з того, що вираз для  $g_{\text{е.ср.е.1}}$  можна представити у вигляді:

$$g_{\text{е.ср.е.1}} = g_{\text{е.ср.е.}} - \Delta g_{\text{е.уст.}} - \Delta g_{\text{е.пер.}}$$

Тоді:

$$\frac{g_{\text{е.ср.е.1}}}{g_{\text{е.ср.е.}}} = 1 - \frac{\Delta g_{\text{е.уст.}}}{g_{\text{е.ср.е.}}} - \frac{\Delta g_{\text{е.пер.}}}{g_{\text{е.ср.е.}}}.$$

Звідси:

$$\frac{\Delta g_{\text{е.уст.}}}{g_{\text{е.ср.е.}}} = \frac{K_{\text{з.уст.}}}{1 + K_{\text{пер.}}} \quad \text{і} \quad \frac{\Delta g_{\text{е.пер.}}}{g_{\text{е.ср.е.}}} = \frac{K_{\text{пер.}} \cdot K_{\text{з.пер.}}}{1 + K_{\text{пер.}}}. \quad (7)$$

Розрахунки, зроблені з використанням отриманих відносних оцінок, показують, що впровадження сучасних систем управління дозволить підвищити енергозбереження для сталих режимів до 5 %, для перехідних режимів – до 3 %.

Численні експлуатаційні випробування показали підвищення економічності різних тепловозних ДГ за рахунок впровадження сучасних систем управління на 4...6 %, що свідчить про вірогідність отриманих оцінок.

## Висновки

Запропоновані відносні оцінки підвищення енергозбереження дозволяють ще на стадії створення й впровадження різних систем управління частотою обертання колінчастого валу та потужністю дизеля оцінити їх ефективність, а отже й доцільність.

## Список літератури:

1. Хомич А.З. *Топливная эффективность и вспомогательные режимы тепловозных дизелей* / Хомич А.З. – М.: Транспорт, 1987. – 271 с.
2. Володин А.И. *Топливная экономичность силовых установок тепловозов* / А.И. Володин, Г.А. Фофанов. – М.: Транспорт, 1979. – 126 с.
3. Володин А.И. *Экономия топлива на тепловозах* / А.И. Володин, Г.А. Фофанов. – М.: Трансжелдориздат, 1963. – 103 с.
4. Хомич А.З. *Экономия топлива и теплотехническая модернизация тепловозов* / Хомич А.З., Тулицын О.И., Симсон А.Э. – М.: Транспорт 1975. – 264 с.

5. Кудряш А.П. Резервы повышения экономичности тепловозов 2ТЭ10Л / Кудряш А.П., Заславский Е.Г., Тартаковский Э.Д. – М.: Транспорт, 1975. – 64 с. 6. Косов Е.Е. Совершенствование режимов работы силовых энергетических систем тепловозов / Е.Е. Косов, Е.М. Шапран, В.В. Фурман. – Луганськ: СНУ ім. В.Даля, 2006. – 278 с. 7. Моделювання перехідних процесів тепловозного дизеля в експлуатаційному циклі з метою встановлення шляхів зниження витрат палива. // Н.-тех. звіт. № 0199U003102. – Харків, ХарДАЗТ, 2001. – 96 с.

#### **Bibliography (transliterated):**

1. Homich A.Z. Toplivnaja jeffektivnost' i vspomogatel'nye rezhimy teplovoznih dizelej / Homich A.Z. – M.: Transport, 1987. – 271 s. 2. Volodin A.I. Toplivnaja jekonomichnost' silo-vyh ustanovok

teplovozov / A.I. Volodin, G.A. Fofanov. – M.: Transport, 1979. – 126 s. 3. Volodin A.I. Jekonomija topliva na teplovozah / A.I. Volodin, G.A. Fofanov. – M.: Transzheldori-zdat, 1963. – 103 s. 4. Homich A.Z. Jekonomija topliva i teplote-hniceskaja modernizacija teplovozov / Homich A.Z., Tupicyn O.I., Simson A.Je. – M.: Transport 1975. – 264 s. 5. Kudrjash A.P. Re-zervy povyshenija jekonomichnosti teplovozov 2TJe10L / Kudrjash A.P., Zaslavskij E.G., Tartakovskij Je.D. – M.: Transport, 1975. – 64 s. 6. Kosov E.E. Sovershenstvovanie rezhimov rabo-ty silovyh jenergeticheskikh sistem teplovozov / E.E. Kosov, E.M. Shapran, V.V. Furman. – Vidavn. SNU im. V.Dalja. - Lu-gans'k: SNU, 2006. – 278 s. 7. Modeljuvannja perehidnih procesiv teplovoznogo dizelja v ekspluatacijnomu cikli z metoju vstano-vlennja shljahiv znizhennja vitrat paliva. // N.-teh. zvit. № 0199U003102. – Harkiv, HarDAZT, 2001. – 96 s.

УДК 621.431

**А. М. Пойда, д-р техн. наук, Д. Г. Сівих, канд. техн. наук, Р. М. Карсекін, асп.**

### **ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТИ БЕНЗИНУ НА ПЕРЕХІДНИХ РЕЖИМАХ РОБОТИ ДВИГУНА**

#### **Характеристика проблеми**

У процесі експлуатації автомобільних двигунів є потреба вимірювати миттєву витрату палива.

По-перше, при оцінюванні економічних та екологічних показників автомобілів за їздовими циклами визначають витрату палива на перехідних режимах роботи двигунів. При цьому користуються залежностями, отриманими шляхом обробки експериментальних даних. Ці залежності не можуть враховувати індивідуальні властивості та технічний стан конкретного двигуна, тому вносять суттєву похибку у результат обчислення показників.

По-друге, при визначенні розподілу потужності по циліндрах двигуна користуються, наприклад, методом відключення циліндрів у режимі холостого ходу, сподіваючись, що причиною нерівномірності є відхилення параметрів у системі запалювання або паливоподачі. Більш надійний результат можна отримати, додатково вимірявши циклову подачу палива у кожний окремих циліндр.

Загально відомі методи вимірювання витрати палива за допомогою відповідних датчиків не вирішують ні перше ні друге завдання бо, по-перше, датчики інерційні і не придатні для вимірювань на перехідних режимах, по-друге, їх підключають у загальну мережу паливоподачі і циклову подачу палива визначають як результат ділення сумарної циклової подачі на кількість циліндрів.

#### **Огляд публікацій та невирішених проблем**

На двигунах [1] з мікропроцесорним керуванням уприскуванням бензину у впускний колектор чи в камеру згоряння, які широко застосовуються на автомобільному транспорті, розпилювання бензину для утворення паливоповітряної суміші забезпечують електромагнітні клапани форсунки, що є кінцевими вузлами в системах паливоподачі.

Дозування палива здійснює мікропроцесорний блок (контролер) шляхом подачі керуючого імпульсу на електромагніт форсунки. Тривалість керуючого імпульсу обчислюється в контролері з урахуванням великої кількості впливових факторів. Результат розрахунку тривалості керуючого імпульсу і, відповідно, годинна витрата палива виводяться на діагностичний роз'єм для подальшого використання.

На деяких автомобілях встановлюють маршрутні комп'ютери [2], як засіб надання водієві оперативної інформації про витрату палива, пройдений шлях та інше. Інформацію про витрату палива для маршрутних комп'ютерів отримують з діагностичного роз'єму без додаткових датчиків витрати палива.

Але цей результат є усередненим для всіх форсунок, не враховує їхній поточний технічний стан і виводиться на роз'єм з інтервалом 0,2 с, тому не вирішує окреслену проблему. Актуальною є задача реалізації можливості визначати витрату палива на автомобілях з мікропроцесорними системи керування по тривалості керуючого імпульсу, що подається на електромагніт форсунки.